

О. В. Балан, С. А. Паскевич, М. В. Пашинов, С. С. Підберезний, В. М. Рудько

Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Кірова 36а, Чорнобиль, 07270, Україна

КОНЦЕПТУАЛЬНІ РІШЕННЯ ЩОДО ДЕМОНТАЖУ НЕСТАБІЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ»

Обґрунтовано необхідність та важливість демонтажу нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» після введення в експлуатацію нового безпечного конфайнмента (НБК). Визначено обсяг і послідовність виконання демонтажних робіт, запропоновано технологічні схеми поводження з радіоактивними відходами (РАВ), що будуть утворюватися у процесі демонтажу. Передбачено створення необхідної інфраструктури всередині НБК для виконання робіт із демонтажу, а також розширення та модернізацію існуючої інфраструктури поводження з РАВ на майданчику ЧАЕС. Для ілюстрації концептуальних рішень щодо демонтажу нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» виконано комп'ютерне моделювання такої діяльності.

Ключові слова: об'єкт «Укриття», нестабільні конструкції, демонтаж, радіоактивні відходи, моделювання.

У результаті натурних обстежень та розрахункових оцінок технічного стану будівельних конструкцій об'єкта «Укриття» були виявлені конструкції, імовірність обвалення яких неприпустимо велика (так звані нестабільні конструкції).

Реалізовані у 2004 - 2008 рр. невідкладні стабілізаційні заходи забезпечують прийнятний рівень безпеки об'єкта «Укриття», виходячи з 15-річного терміну експлуатації стабілізованих конструкцій (до кінця 2023 р.). У подальшому проблема нестабільних конструкцій повинна вирішуватись шляхом їхнього демонтажу всередині нового безпечного конфайнмента (НБК).

Необхідність демонтажу нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» обумовлена низкою причин:

імовірність обвалення цих конструкцій навіть в умовах експлуатації всередині НБК є досить високою і з кожним роком буде збільшуватись;

у разі потенційного обвалення нестабільних конструкцій відбудеться інтенсивне піднімання радіоактивного пилу і аерозолів, у результаті чого зазнають суттєвого радіоактивного забруднення конструкції і технологічні системи НБК, що погіршить радіаційну обстановку та призведе до додаткового опромінення експлуатаційного персоналу, а також необхідності проведення затратних робіт з дезактивації;

обвалення нестабільних конструкцій буде мати негативні наслідки для довкілля, оскільки частина радіоактивних речовин через систему вентиляції та нещільності буде викинута за межі НБК;

падіння нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» на пошкоджені конструкції 4-го енергоблока може спровокувати обвалення їх і призвести до руйнування існуючих інженерних бар'єрів навколо скупчень ПВМ, що буде мати негативні наслідки для рівня ядерної та радіаційної безпеки;

обвалення нестабільних конструкцій створить певні проблеми для подальшої діяльності з перетворення об'єкта «Укриття», оскільки ускладнить доступ до ПВМ з метою їх переведення в контрольований стан, у тому числі шляхом вилучення;

з моменту створення та протягом усього терміну існування об'єкта «Укриття» затрачено колосальні людські й матеріальні ресурси для забезпечення безаварійної експлуатації цього унікального об'єкта, тому самовільне руйнування конструкцій об'єкта «Укриття» є неприпустимим із моральної та іміджевої точки зору.

Попередній перелік нестабільних будівельних конструкцій об'єкта «Укриття», що потребують демонтажу, був визначений при виконанні досліджень на початковому етапі робіт по Плану здійснення заходів на об'єкті «Укриття» (ПЗЗ ОУ) [1]. Цей перелік був складений на основі оцінок надійності конструкцій без урахування радіаційних наслідків потенційного обвалення їх, а також без урахування того, що після завершення будівництва НБК визначальним зовнішнім фактором для оцінки ймовірності відмови будівельних конструкцій об'єкта «Укриття» стає сейсмічний вплив. Інші види впливів (сніг, вітер і смерч) перестають бути актуальними.

Зважаючи на це, фахівцями ІПБ АЕС НАН України та НДІБК була виконана переоцінка складу нестабільних конструкцій, що підлягають «ранньому» або «відкладеному» демонтажу [2, 3].

© О. В. Балан, С. А. Паскевич, М. В. Пашинов,
С. С. Підберезний, В. М. Рудько, 2019

«Ранній» демонтаж – це перший етап виконання першочергових робіт із демонтажу нестабільних конструкцій, що повинен розпочатися відразу після введення в експлуатацію НБК і бути завершений до кінця 2023 р.

«Відкладений» демонтаж – це другий етап виконання демонтажних робіт, що є продовженням «раннього» демонтажу і повинен розпочатися відразу після закінчення першого етапу.

Переоцінка складу нестабільних конструкцій, що підлягають «ранньому» або «відкладеному» демонтажу виконувалась з урахуванням таких критеріїв і вимог:

при ймовірності обвалення вище або рівні 10^{-2} рік⁻¹ конструкції підлягають «ранньому» демонтажу;

при ймовірності обвалення відповідальної несучої конструкції в межах нижче 10^{-2} рік⁻¹, але вищій або рівній 10^{-4} рік⁻¹ питання про її «ранній» чи «відкладений» демонтаж вирішується на основі аналізу радіаційних наслідків обвалення;

при ймовірності обвалення конструкції нижче 10^{-4} рік⁻¹ конструкція відноситься до «відкладеного» демонтажу;

необхідність забезпечення стійкості або виконання демонтажу суміжних конструкцій, пов'язаних із конструкціями, що підлягають демонтажу (наприклад, якщо підлягає демонтажу несуча конструкція, то також демонтуються конструкції, що на неї опираються).

За результатами виконаної переоцінки до переліку конструкцій для «раннього» демонтажу включено 17 конструкцій, з яких 14 металоконструкцій і одна бетонна східна опора балки «Мамонт» були зведені у процесі будівництва об'єкта «Укриття» і формують його зовнішній контур (рис. 1), а також завали на деаераторній етажерці та аварійні плити покриття деаераторної етажерки.

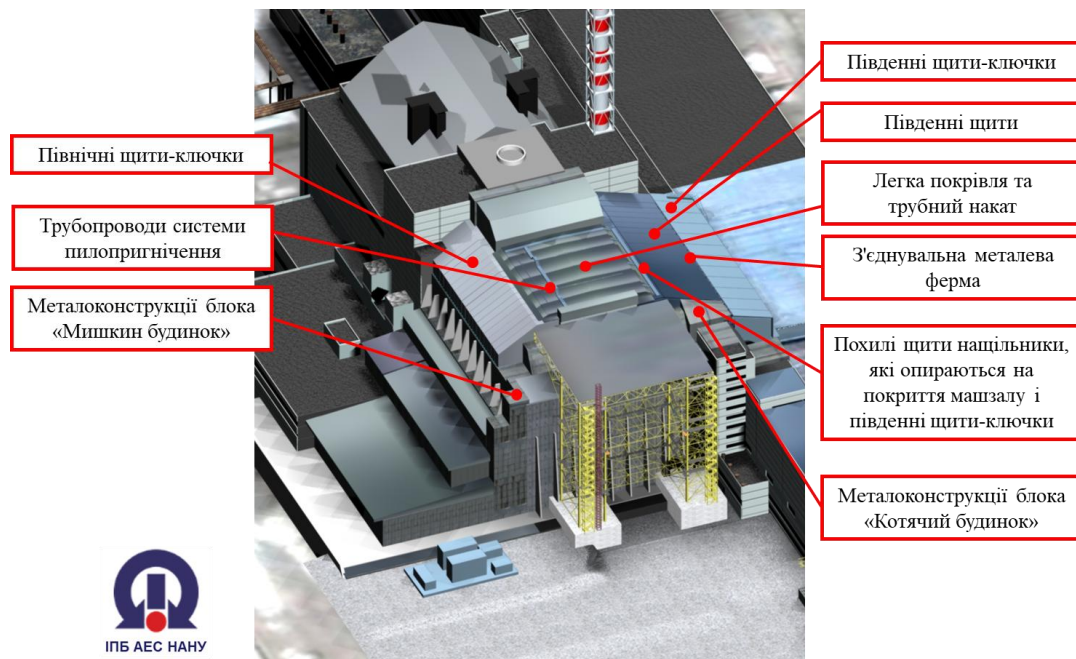


Рис. 1. Перелік конструкцій, включених для «раннього» демонтажу.

До «відкладеного» демонтажу віднесено балки Б1, Б2, Б3 і Б5, об'ємний блок «Собачий дім», завали та плити переkritтя над приміщенням 805/3, залізобетонна стіна по осі 50, вище позначки 49,00 (рис. 2).

У розроблених фахівцями ІПБ АЕС, КІЕП та НДІБК концептуальних рішеннях щодо демонтажу нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» визначено обсяг і послідовність виконання демонтажних робіт, запропоновано принципові технологічні схеми поводження з різними видами радіоактивних відходів (РАВ), а також передбачено:

створення інфраструктури для виконання робіт із демонтажу нестабільних конструкцій усередині НБК;

розширення та модернізацію існуючої інфраструктури поводження з РАВ на майданчику ЧАЕС для забезпечення поводження з усіма видами РАВ демонтажу, особливо в частині поводження з високоактивними відходами (ВАВ), утворення яких прогнозується при розбиранні завалів на верхніх позначках об'єкта «Укриття»;

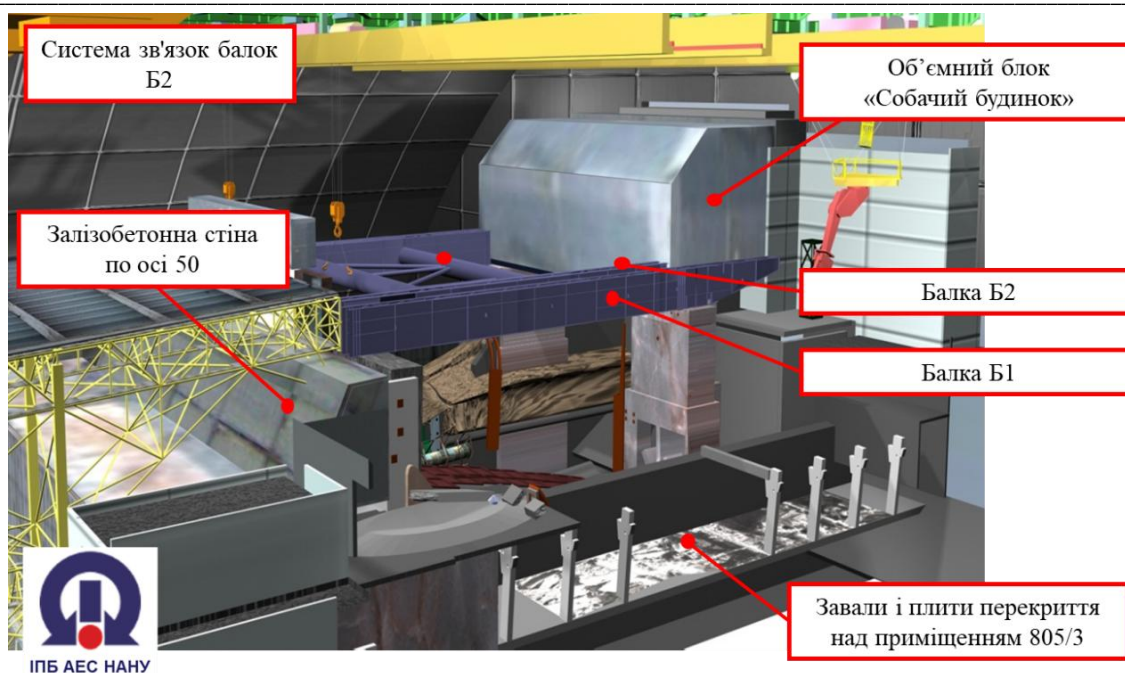


Рис. 2. Перелік конструкцій включених для «відкладеного» демонтажу.

можливість тимчасового зберігання РАВ, що не відповідають критеріям приймання на захоплення на ПЗРВ «Буряківка» або комплексу «Вектор», на спеціальному майданчику, розташованому всередині НБК (у районі піонерної стіни вздовж машинного залу).

Конструкції, що підлягають демонтажу мають радіоактивне забруднення і тому кваліфікуються як РАВ. Очікується утворення чотирьох основних потоків РАВ:

радіоактивно забруднені металеві конструкції (РЗМК) - великі елементи конструкцій, що були установлені після аварії. Ці масивні елементи мають значні габарити і вимагають великого обсягу робіт із фрагментації для можливості подальшого поводження;

радіоактивно забруднені (залізо) бетонні конструкції (РЗБК) - великі елементи бетонних і залізобетонних конструкцій зруйнованого 4-го енергоблока і опорних конструкцій об'єкта «Укриття». Ці конструкції можуть знаходитися як на своїх проектних місцях, так і в завалах;

змішані РАВ - дрібні фрагменти будівельних конструкцій, систем і комунікацій, що утворилися в результаті аварії 1986 р., матеріали, що утворилися внаслідок ліквідації наслідків аварії (матеріали засипки, що скидалися з гелікоптерів, «свіжий» бетон і мішки з бетонною сумішшю, що використовувались при будівництві об'єкта «Укриття», матеріали, утворені в результаті стабілізаційних заходів, тощо). Змішані РАВ мають в основному об'ємне забруднення;

ВАВ - фрагменти конструкцій і елементи завалів, що за радіаційними характеристиками відносяться до високоактивних РАВ.

На рис. 3 показано об'єкти (майданчики) у межах НБК, де буде здійснюватися поводження з РАВ демонтажу.

Діяльність із демонтажу нестабільних конструкцій буде здійснюватися в умовах об'єкта «Укриття» зі складною радіаційною обстановкою та при наявності інших небезпечних факторів (ризик руїнування пошкоджених конструкцій та окремих елементів, перепади висот, наявність отворів тощо). Це потребує впровадження всебічно зважених технологічних рішень з організації безпечного виконання демонтажних робіт і вибору ефективних заходів для забезпечення радіаційного захисту персоналу та довкілля. Для вирішення такого роду завдань фахівцями ІПБ АЕС запропоновано використання сучасних методів комп'ютерного моделювання, що передбачають:

просторове моделювання будівельних конструкцій об'єкта «Укриття» і НБК, технологічних операцій із демонтажу нестабільних конструкцій та поводження з РАВ з використанням систем автоматизованого проектування і тривимірної графіки та анімації;

моделювання радіаційних умов у зонах виконання робіт;

моделювання переміщення персоналу в зони виконання робіт та виконання ним запланованих операцій з урахуванням витрат часу;

розрахунок накопичених доз опромінення персоналу протягом часу виконання робіт.

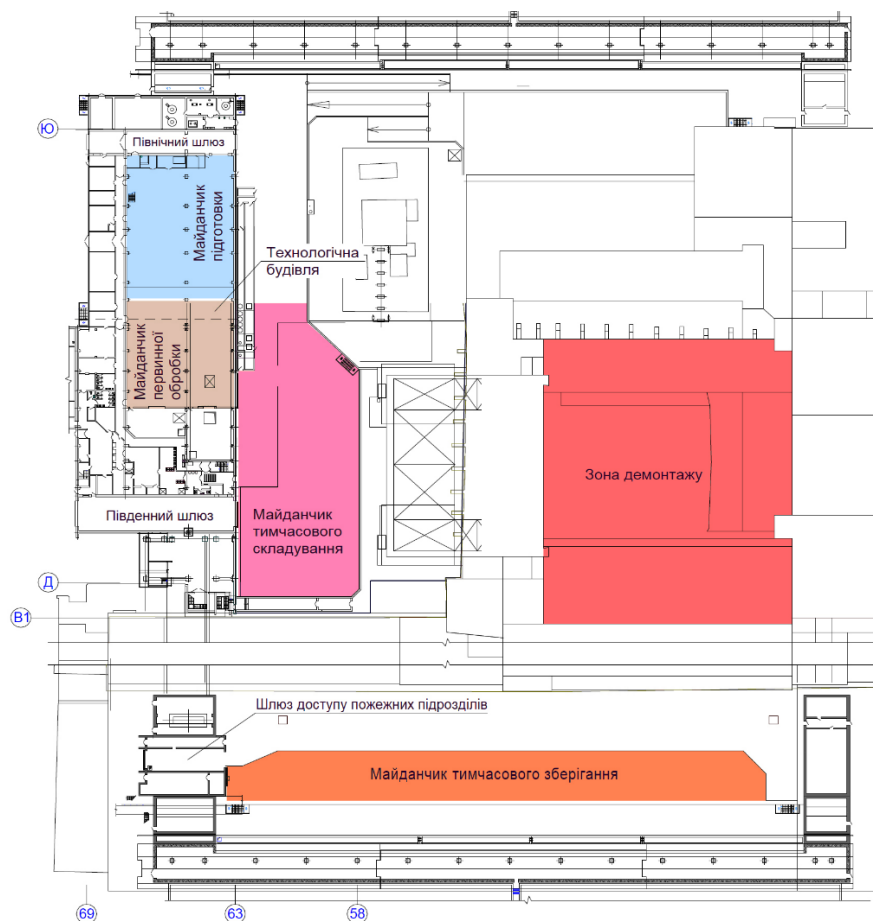


Рис. 3. Об'єкти (майданчики) для поводження з РАВ.

Для моделювання радіаційних умов, технологічних операцій і оцінки доз опромінення персоналу використовувався програмний комплекс HVRC VRdose Planner, розроблений Інститутом енергетичних технологій (Норвегія).

На рис. 4 наведено один із проміжних станів об'єкта «Укриття» при моделюванні процесу демонтажу його нестабільних конструкцій, а на рис. 5 – моделювання виконання окремих операцій із залученням персоналу при демонтажі металеві ферми підсилення південної покрівлі об'єкта «Укриття».

Використання запропонованого підходу на етапі робочого проектування демонтажу нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» дозволить, за результатами моделювання та всебічного аналізу альтернативних сценаріїв проведення демонтажних робіт, вибрати найкращий сценарій безпечного виконання робіт із мінімальним радіаційним впливом на персонал і довкілля (рис. 6).

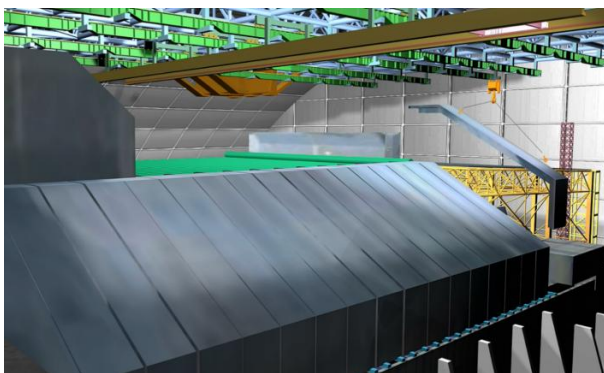


Рис. 4. Демонтаж північних щитів-ключок об'єкта «Укриття».

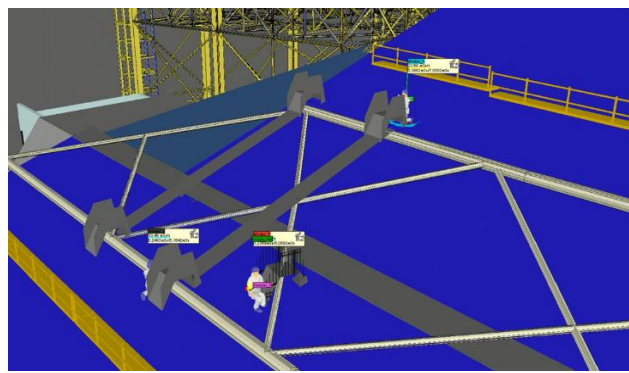


Рис. 5. Моделювання виконання робіт із залученням персоналу при демонтажі металеві ферми підсилення південної покрівлі об'єкта «Укриття».

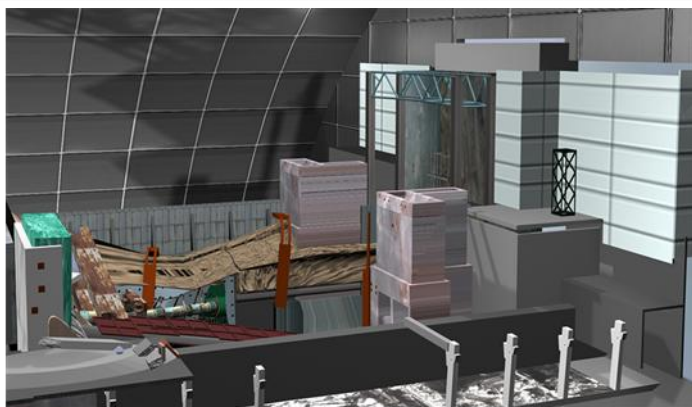


Рис. 6. Загальний вигляд об'єкта «Укриття» після виконання робіт з «відкладеного» демонтажу.

Попри позитивні результати, які пов'язані зі суттєвим зниженням ризику обвалення конструкцій об'єкта «Укриття» після виконання демонтажу його нестабільних конструкцій, слід відзначити й негативні наслідки. Конструкції, що будуть демонтовано, на даний час виконують функцію бар'єрів на шляху виходу за межі об'єкта «Укриття» іонізуючого випромінювання та радіоактивних речовин. За даними [4] після демонтажу нестабільних конструкцій потужність дози в окремих зонах обслуговування НБК збільшиться приблизно в 3 рази, а радіоактивний пил буде основним джерелом забруднення конструкцій і обладнання

НБК. Тому нагальною стане проблема щодо необхідності невідкладного вилучення і/або екранування відкритих скупчень паливовмісних матеріалів (ПВМ), локалізованих на верхніх позначках розкритого об'єкта «Укриття».

Після реалізації заходів із демонтажу нестабільних конструкцій проблема надійності будівельних конструкцій об'єкта «Укриття» буде вирішена тільки частково. Справа в тому, що запланована діяльність щодо демонтажу стосується головним чином тільки конструкцій, що формують зовнішню оболонку об'єкта «Укриття». Про технічний стан внутрішніх конструкцій зруйнованого 4-го енергоблока, у тому числі конструкцій приміщень, в яких зосереджені ПВМ, інформації набагато менше, оскільки цілеспрямованих досліджень у цьому напрямку не проводилося через високий рівень радіації та відсутності доступу. Слід зазначити, що після 1996 р. дослідження технічного стану внутрішніх конструкцій 4-го енергоблока не проводилися.

Важливість отримання інформації про стан таких конструкцій обумовлюється тим, що їхнє можливе руйнування може призвести до ядерного інциденту і/або неприйнятних радіаційних наслідків для персоналу й навколишнього середовища.

Наявні дані свідчать про відсутність значних ушкоджень несучих конструкцій до позначки +12.500, за винятком місцевих деструктивних руйнувань верхнього шару бетону перекриття під приміщенням 305/2 внаслідок високотемпературного впливу і тріщин в одній із стін цього приміщення. Це пояснюється тим, що конструктивне рішення будівлі реакторного відділення до позначки +12.500 виконано у вигляді жорсткої, об'ємно-просторової структури з монолітного залізобетону. Приміщення, розташовані до зазначеної позначки, утворюють систему герметичних приміщень (так званих міцно-щільних боксів) з несучими конструкціями товщиною більше 1 м. Тому можна зробити попередній висновок, що надійність цих конструкцій буде збережена як протягом життєвого циклу НБК, так і на більший проміжок часу.

Несучі конструкції реакторного відділення вище позначки +12.500 являють собою поєднання збірно-монолітних залізобетонних конструкцій (у центральній частині) і збірних конструкцій (на периферійних ділянках). Ці конструкції зазнали більших пошкоджень/руйнувань у порівнянні з розташованими нижче конструкціями. У проміжку від позначки +12.500 до рівня підлоги центрального залу (позначка +35.500) найбільші проблемним є стан конструкцій перекриття на позначці +30.900 (перекриття під південним і північним барабанами-сепараторами), а також на позначці +35.500 (на ділянках центрального залу, у тому числі над приміщеннями басейнів витримки), що пов'язано як з ушкодженнями конструкцій зазначених перекриття, так і зі значним навантаженням від маси завалів на цих конструкціях. Виконати стабілізацію цих конструкцій практично неможливо (надзвичайно складна радіаційна обстановка, відсутність шляхів доступу тощо). Найперспективнішим варіантом для підвищення рівня надійності вказаних конструкцій зруйнованого 4-го енергоблока є зменшення навантаження на них шляхом розбирання завалів і демонтажу пошкоджених і зруйнованих конструкцій, розташованих вище. Така діяльність повинна бути реалізована після демонтажу нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття» з використанням системи основних кранів НБК.

Окремою проблемою є нестійке положення схеми «Е» [5]. З часом імовірність обвалення схеми «Е» в шахту реактора зростає, зокрема внаслідок розвитку корозійних пошкоджень. Обвалення схеми «Е» може привести до руйнування нижчих конструкцій. Слід зазначити, що наразі ні геодезичних, ні інших спостережень за станом схеми «Е» не проводиться.

З огляду на вищезазначене пропонується такий план подальших дій на найближчі 30 - 50 років:

1. Створення інфраструктури для демонтажу нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття», включаючи інфраструктуру поводження з ПВМ, що будуть виявлятися у процесі демонтажу.
2. Демонтаж нестабільних конструкцій об'єкта «Укриття».
3. Вилучення і/або екранування інтенсивних джерел іонізуючого випромінювання (фрагментів ПВМ), локалізованих на верхніх позначках відкритих ділянок розкритого об'єкта «Укриття».
4. Розбирання завалів і демонтаж пошкоджених і зруйнованих конструкцій 4-го енергоблока, розташованих на верхніх позначках (вище підлоги центрального залу). При розбиранні завалів будуть виявлятися ПВМ та інші високоактивні відходи, що потрібно враховувати при плануванні організації таких робіт. Отриманий при цьому досвід буде надзвичайно корисним для подальшої діяльності з вилучення інших скупчень ПВМ у процесі перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Проектные критерии и требования к инфраструктуре НБК для демонтажа нестабильных конструкций объекта «Укрытие»* (SIP 031 003 07 DCR 001 05).
2. *Методология переоценки состава нестабильных конструкций ОУ, подлежащих «раннему» демонтажу.* SIP09-2-001 NI 03 RPT 036 06.
3. *Отчет о переоценке состава нестабильных конструкций ОУ, подлежащих «раннему» демонтажу.* SIP09-2-001 NI 03 RPT 037 05.
4. *Лицензионный пакет 6 (ЛП-6). Проект «Защитное сооружение с технологическими системами жизнеобеспечения и необходимой инфраструктурой». Отчет о соответствии требованиям санитарного законодательства,* SIP-N-LI-22-E002-SCR-002-01/LCO-NKA-NSC-017-1-RU.
5. *Раскрепление схемы «Е» / ВНИПИЭТ (исполнитель НИКИЭТ).* - Договор 13/2104. - Инв. № 90-13096. - 1990.

О. В. Балан, С. А. Паскевич, М. В. Пашинов, С. С. Подберезный, В. М. Рудько

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, ул. Кирова 36а, Чернобыль, 07270, Украина

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ДЕМОНТАЖУ НЕСТАБИЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ»

Обоснована необходимость и важность демонтажа нестабильных конструкций объекта «Укрытие» после введения в эксплуатацию нового безопасного конфинмента (НБК). Определен объем и последовательность выполнения демонтажных работ, предложены технологические схемы обращения с радиоактивными отходами (РАО), которые будут образовываться в процессе демонтажа. Предусмотрены создание необходимой инфраструктуры внутри НБК для выполнения работ по демонтажу, расширение и модернизация существующей инфраструктуры обращения с РАО на площадке ЧАЭС. Для иллюстрации концептуальных решений по демонтажу нестабильных конструкций объекта «Укрытие» выполнено компьютерное моделирование такой деятельности.

Ключевые слова: объект «Укрытие», нестабильные конструкции, демонтаж, радиоактивные отходы, моделирование.

O. V. Balan, S. A. Paskevych, M. V. Pashinov, S. S. Pidberezniy, V. M. Rudko

Institute for safety problems of NPPs NAS of Ukraine, Kirova str., 36a, Chornobyl, 07270, Ukraine

CONCEPTUAL SOLUTIONS FOR THE DISMANTLING OF UNSTABLE STRUCTURES OF THE SHELTER OBJECT

The necessity and importance of unstable structures of the Shelter object dismantling after the commissioning of the New Safe Confinement (NSC) was justified. The scope and sequence of dismantling works are determined, technological schemes of radioactive waste management, which will be formed during the process of dismantling, are proposed. It is foreseen to create the necessary infrastructure within the NSC for dismantling, as well as to expand and modernize the existing radioactive waste management infrastructure at the ChNPP site to ensure the disposal of all types of radioactive waste, in particular for high-level waste management. To illustrate conceptual solutions for the dismantling of unstable structures of the Shelter object, a computer simulation of such activity was performed. For computer modelling, the system of automated design and 3D graphics and animation were used, as well as the software

complex of the HVRC VRdose Planner that was developed by the Institute for Energy Technologies (Norway). The use of such a modelling will be extremely useful at the stage of working design for the dismantling of unstable structures of the Shelter object, which will allow, based on the results of simulation and a comprehensive analysis of alternative scenarios for dismantling, to choose the best scenario for safe execution of works. It is noted that after the implementation of the planned measures for the dismantling of unstable structures of the Shelter object, the problem of the reliability of its structures will be solved only partially, since the planned dismantling activity mainly concerns only the structures that form the outer shell of this object. The problem of reliability of a significant number of internal structures of the destroyed 4th power unit, including the design of premises, in which fuel-containing materials are concentrated remains unresolved. The greatest damage/destruction experienced constructions of the 4th power unit located above the floor level of the central hall. It is practically impossible to perform the stabilization of these structures (extremely hazardous radiation conditions), therefore it is more acceptable to dismantle them using the system of main NSC cranes and remotely controlled units. Such activity must be carried out within the next 30 - 50 years.

Keywords: Shelter object, unstable structures, dismantling, radioactive waste, modelling.

REFERENCES

1. *Project* criteria and requirements for the infrastructure of the NSC for the dismantling of unstable structures of the «Shelter» object (SIP 031 003 07 DCR 001 05). (Rus)
2. *Methodology* for reassessment of the list of unstable structures of the «Shelter» object that are subject for “early” dismantling. SIP09-2-001 NI 03 RPT 036 06. (Rus)
3. *Report* on reassessment of the list of unstable structures of the «Shelter» object that are subject for “early” dismantling. SIP09-2-001 NI 03 RPT 037 05. (Rus)
4. *License* package 6 (LP-6). The project "Protective structure with technological systems of life support and the necessary infrastructure". Report on compliance with the requirements of sanitary legislation. SIP-N-LI-22-E002-SCR-002-01/LCO-NKA-NSC-017-1-RU. (Rus)
5. *Unfastening* the scheme "E" / ESRDIET (executor RDIPE). - Contract 13/2104. - Inv. № 90-13096. - 1990. (Rus)

Надійшла 15.01.2019

Received 15.01.2019